

DESAIN GENERATOR LINIER MAGNET PERMANEN JENIS *NEODYMIUM*



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik
Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

ADE SETIAWAN

D 400 120 002

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

DESAIN GENERATOR LINIER MAGNET PERMANEN JENIS *NEODYMIUM*



oleh:

ADE SETIAWAN

D 400 120 002

Telah diperiksa dan disetujui untuk tugas akhir oleh:

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Hasyim Asy'ari", is written over a faint, larger version of the same signature.

Hasyim Asy'ari S.T.,M.T

NIK.981

HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN GENERATOR LINIER MAGNET PERMANEN JENIS *NEODYMIUM*

OLEH

ADE SETIAWAN

D 400 120 002

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu , 22 Oktober 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Hasyim Asy'ari S.T.,M.T**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Ir. Jatmiko, M.T**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Agus Supardi, S.T.,M.T**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Ir. Sri Sunariono, M.T., Ph.D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 22 Oktober 2016

Penulis



ADE SETIAWAN

D 400 120 002

DESAIN GENERATOR LINIER MAGNET PERMANEN JENIS *NEODYMIUM*

Abstrak

Masalah yang kerap kali dikeluhkan oleh masyarakat Indonesia khususnya masyarakat di daerah pelosok adalah belum meratanya distribusi listrik dan semakin mahalnya biaya tarif dasar listrik. Hal ini disebabkan wilayah Indonesia yang terdiri dari pulau-pulau yang menyebabkan sulitnya pemerataan pasokan tenaga listrik. Masalah tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan potensi laut Indonesia yang memiliki gelombang laut yang besar dan arus yang kuat, cara ini paling efektif karena sebagian besar wilayah Indonesia adalah lautan. Hal ini mempunyai keuntungan tersendiri untuk memanfaatkannya untuk alternative memenuhi sumber energi listrik yaitu dengan memakai generator linier magnet permanen. Penelitian ini akan merancang generator magnet permanen jenis neodymium dengan generator linier. Generator ini menggunakan rotor dengan memakai magnet permanen jenis neodymium sebanyak 40 buah, stator yang didesain dengan menggunakan akrilik sebanyak 10 slot, dan jumlah belitan sebanyak 500 belitan dengan diameter 0,6mm dan dengan celah udara rotor dan stator sebesar 0,7cm. Keluaran generator linier ini menghasilkan tegangan minimum sebesar 75,3V pada kecepatan 250rpm dan tegangan maksimum 100,1V dengan kecepatan 350rpm. Tegangan tersebut merupakan tegangan yang telah dinaikkan besarnya dengan menggunakan trafo step up. Pada kecepatan 350rpm, generator mampu menghasilkan arus sebesar 0,32A dan tegangan 63,5V dengan beban LED 11W dan menghasilkan arus 0,26A dan tegangan dengan 98V beban LED 3W. Hasil pengujian menunjukkan saat generator linier pada kecepatan 350rpm, menghasilkan 100,1V tanpa beban dan mengalami drop tegangan menjadi 98V dengan beban 3W dan 63,5V dengan beban 11W.

Kata Kunci: energi terbarukan , generator linier, magnet permanen

Abstract

Problems often complained by the people of Indonesia in the coastal area is unfulfilled demand for electricity and the increasingly high cost of electricity. This problem occurs because Indonesian territory consists of islands and causing difficulty equalization electricity supply. The problem can be solved by utilizing the potential of the sea in Indonesia which has a large sea wave, is the most effective way because most of Indonesia in the form of oceans. It has a distinct advantage to using it to meet an alternative source of electrical energy is by using a permanent magnet linear generator. This research will design the type of neodymium permanent magnet generator with a linear generator. This generator uses permanent magnet rotor using neodymium as many as 40 types of fruit, the stator is designed by using acrylic as much as 10 slots, and the number of turns of 500 windings with a diameter of 0,6mm and with an air gap rotor and stator of 0,7cm. This results in a linear generator output voltage with minimum of 75,3V at a speed of 250rpm and a maximum voltage 100,1V with a speed of 350rpm. The voltage is the voltage that has raised the amount by using the step-up transformer. At a speed of 350rpm, the generator is able to produce 0,32A and 63,5V with 11W LED load and generate 0,26A and 98V with 3W LED load. The test results showed a linear current generator at a speed of 350rpm, producing 100,1V without load and experiencing drop the voltage to 98V with 3W load and 63,5V with a 11W load.

Keywords: linier generator, renewable energy, permanent magnet

1. PENDAHULUAN

Era modern seperti saat ini hampir seluruh kehidupan manusia memerlukan sumber energi yang digunakan untuk memenuhi kelangsungan hidup. Salah satu sumber energi yang diperlukan manusia di zaman modern ini yaitu sumber energi listrik, karena apapun kehidupan manusia pada saat ini pasti berkaitan dengan alat-alat elektronika dengan sumber energi utamanya yang berasal dari listrik. Listrik merupakan kebutuhan mendasar untuk kegiatan manusia seperti pada industri, perkantoran, transportasi dan kegiatan sehari-hari manusia lain sangat bergantung dengan tenaga listrik.

Saat ini sumber energi listrik banyak diperoleh dari sumber daya alam yang sifatnya tidak dapat terbaharui, seperti hasil tambang contohnya batu bara yang digunakan untuk pembangkit listrik bertenaga uap. Karena sifatnya yang tidak dapat terbaharui inilah yang menjadi permasalahan. Banyaknya sumber energi tersebut akan berpengaruh terhadap ketersediaan sumber daya listrik. Dalam kurun waktu tertentu sumber energi tersebut akan berkurang dan berpengaruh terhadap ketersediaan sumber daya listrik yang dapat berakibat tidak terpenuhinya kebutuhan sumber energi dalam kehidupan manusia. Dimasa depan masalah ini bisa kapan saja terjadi jika sejak dini masalah sumber energi tidak mulai diatasi secara bijak. Selain itu masalah lain yang dapat ditimbulkan oleh penggunaan sumber energi dari bahan tambang atau batu bara yaitu meningkatnya pencemaran udara bersih yang diakibatkan oleh gas-gas yang timbul dari pembakaran. Oleh karena itu dibutuhkan metode yang bijak dalam pengelolaan sumber energi dari alam yang dapat terbaharui yang dapat memenuhi ketersediaan sumber daya energi melalui banyak lagi penelitian yang lebih inovatif dalam mengelola sumber energi alternatif.

Kekurangan energi sementara serta dengan demikian penting untuk membuat potensi konsumen menjadi energi terbarukan terhadap masyarakat. Karena energi terbarukan akan terus berkembang. (Stubberdgard, 2014)

Potensi energi terbarukan lebih tinggi dengan mengurangi intersaf generator listrik konvensional. Energi terbaru pada saat ini lebih meningkatkan harga listrik grosir di negara di mana pemanfaatan kapasitas tenaga rendah. (Ritz, 2016)

Oxford *Dictionary* mendefinisikan energi alternatif sebagai energi yang digunakan bertujuan untuk menghentikan penggunaan sumber daya alam atau pengrusakan lingkungan. Ada banyak sekali sumber daya primer alam yang terbaharukan dan bisa digunakan untuk menghasilkan energi salah satunya energi listrik. (Marsudi, 2005)

Sumber energi listrik tersebut seperti sumber yang bersifat alamiah seperti cahaya, angin, dan air. Teknologi dengan memanfaatkan energi terbaharukan sangat menguntungkan dalam menunjang kebutuhan manusia, selain itu juga dapat menyelamatkan bumi karena sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi pemanasan global.

Di Indonesia penyedia kebutuhan listrik untuk masyarakat dipenuhi oleh perusahaan besar penyedia tenaga listrik yaitu PT. PLN yang merupakan perusahaan milik negara yang memberikan banyak kontribusi yang besar untuk masyarakat. Perkembangan tenaga listrik sekarang ini diprediksi dengan kapasitas pembangkit total mencapai 77,8GW pada tahun 2020 dengan kenaikan sebesar 9,5% pembangkit.

Masalah kurangnya ketersediaan sumber listrik ternyata masih dirasakan oleh masyarakat Indonesia terutama di daerah-daerah pelosok. Kurang maksimalnya pemerataan fasilitas listrik di Indonesia ini dikarenakan banyak faktor, salah satunya adalah ada banyak pemukiman masyarakat yang terletak di daerah yang sulit dijangkau dan bisa dikatakan daerah yang terisolir sehingga menyebabkan sulitnya akses untuk mencapai pemukiman tersebut sehingga biaya instalasi listrik menjadi lebih mahal. Faktor lain yang harus diperhatikan yaitu banyaknya jumlah masyarakat Indonesia dari tahun ke tahun selalu mengalami kenaikan yang signifikan menyebabkan semakin naik pula kebutuhan sumber daya listrik. Oleh karena itu diperlukan pembangunan pembangkit tenaga listrik yang sifatnya ekonomis untuk memenuhi kebutuhan sumber tenaga listrik untuk masyarakat Indonesia. Banyak penemuan yang menggunakan berbagai metode untuk pembangkit energi listrik, salah satu yang efektif untuk keadaan geografis Indonesia adalah pemanfaatan gelombang laut yang besar dan arus yang kuat yang dimiliki oleh laut di Indonesia. Melihat potensi Indonesia yang sebagian besar wilayahnya adalah lautan, hal ini mempunyai keuntungan tersendiri untuk memanfaatkannya untuk alternative memenuhi sumber energi listrik yaitu dengan memakai generator linier magnet permanen. Dengan memanfaatkan gelombang air laut, diharapkan menjadi sumber pembangkit tenaga listrik yang ramah lingkungan dan tidak membutuhkan bahan bakar minyak bumi untuk menjalankan generator.

Generator gerakan linier atau linier generator merupakan mesin listrik yang bisa menghasilkan tenaga listrik dengan mengonversikannya dari gerakan linier. Keunggulan generator linier adalah pemanfaatan gerakan yang dapat langsung menggunakan gerakan kinetik dari generator satu yang bergerak secara linier tanpa melalui energi mekaniknya.(Wang, 2015)

Generator linier kebanyakan menggunakan induksi magnetik.Prinsip kerja generator linier pada dasarnya sama dengan generator pada umumnya, perbedaannya hanya pada gerakan yang menggerakkan translator. Dimana pada gerakan konvensional memakai gerakan rotasi sedangkan pada generator linier menggunakan gerakan linier.

Motor listrik adalah sebuah alat yang digunakan untuk energi listrik menjadi energi mekanik atau energi gerak. Alat ini memiliki prinsip kerja bahwa arus yang mengalir melalui kumparan di medan magnet akan menimbulkan energi yang dipergunakan untuk menggerakkan kumparan. Pada

alat jenis induksi ini, arus yang terjadi bolak-balik diberikan pada stator, yang menyebabkan medan magnet sekaligus menghasilkan energi di dalam rotor yang mengelilinginya (Neidle,1991)

Dalam menentukan besarnya frekuensi kerja generator linier dapat dihitung menggunakan rumus dasar yaitu :

Rumus menghitung frekuensi generator dengan persamaan (1).

$$f = \frac{N_r \times P}{120} \quad (1)$$

dengan:

f : frekuensi (Hz)

N_r : Kecepatan rotor (rpm)

P : Jumlah kutub

Tugas akhir ini akan merancang generator magnet permanen jenis neodymium dengan generator linier. Lalu dengan membandingkan rangkaian berbagai stator yang berbeda mulai dari jenis magnet permanen neodymium, ukuran diameter kawat penghantar 0,60mm, jumlah belitan 500, jumlah kumparan (slot) 10 slot, beban yang berupa lampu LED 3W, dengan celah udara antara stator dan rotor sebesar 0,7cm dan hasil akhir yang dihasilkan. Hasil percobaan kemudian akan dijadikan perbandingan antara jumlah belitan pada stator yang akan berpengaruh pada hasil percobaan generator linier atau keluarannya berdasarkan banyaknya belitan pada stator.

2. METODE

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Alat

- a. *Multimeter*
- b. *Tachometer*
- c. *Clampmeter*
- d. Motor ¼ PK, 1200rpm
- e. AVR
- f. Mesin Bor
- g. Geraji Besi

2.1.2 Bahan

- a. Magnet Neodymium ukuran 4cm x 1cm x 1cm sebanyak 40 buah
- b. Kawat Tembaga 0,6mm²
- c. Kabel
- d. Pipa Rucika ukuran 1,25inch dan 1,5inch

- e. Lem Besi
- f. Trafo 1A
- g. Lampu LED 3W 2 buah
- h. Lampu LED 5W 1 buah
- i. Acrylic 50mm

2.2 Tahapan Penelitian

a. Mengidentifikasi Masalah dan Studi Literatur

Tahap ini merupakan tahap awal dalam melakukan penelitian ini dimana penulis mengumpulkan berbagai bahan untuk dijadikan literature baik dari buku, karya ilmiah, jurnal ilmiah maupun internet. Berbagai literature ini dijadikan pedoman untuk melakukan penelitian dan sebelumnya dilakukan identifikasi masalah tentang rancangan generator linier dengan analisa bentuk magnet yang akan dipergunakan.

b. Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan setelah melakukan pemilahan literature yang cukup dari materi buku maupun dari dosen pembimbing. Rancangan generator berdasarkan pada perhitungan matematis yang diperoleh dari acuan dasar pembuatan generator. Rancangan alat ini dikerjakan dengan perhitungan yang akurat agar hasil yang diperoleh dari keluaran alat sesuai dengan hasil yang ditargetkan.

c. Pembuatan Alat

Pembuatan alat dilakukan setelah mengumpulkan bahan-bahan dan alat yang diperlukan dalam penyusunan alat sesuai desain. Pembuatan alat dilakukan dengan ketelitian yang ekstra agar pembuatan alat bisa sesuai dengan desain dan keluarannya berhasil sesuai rencana.

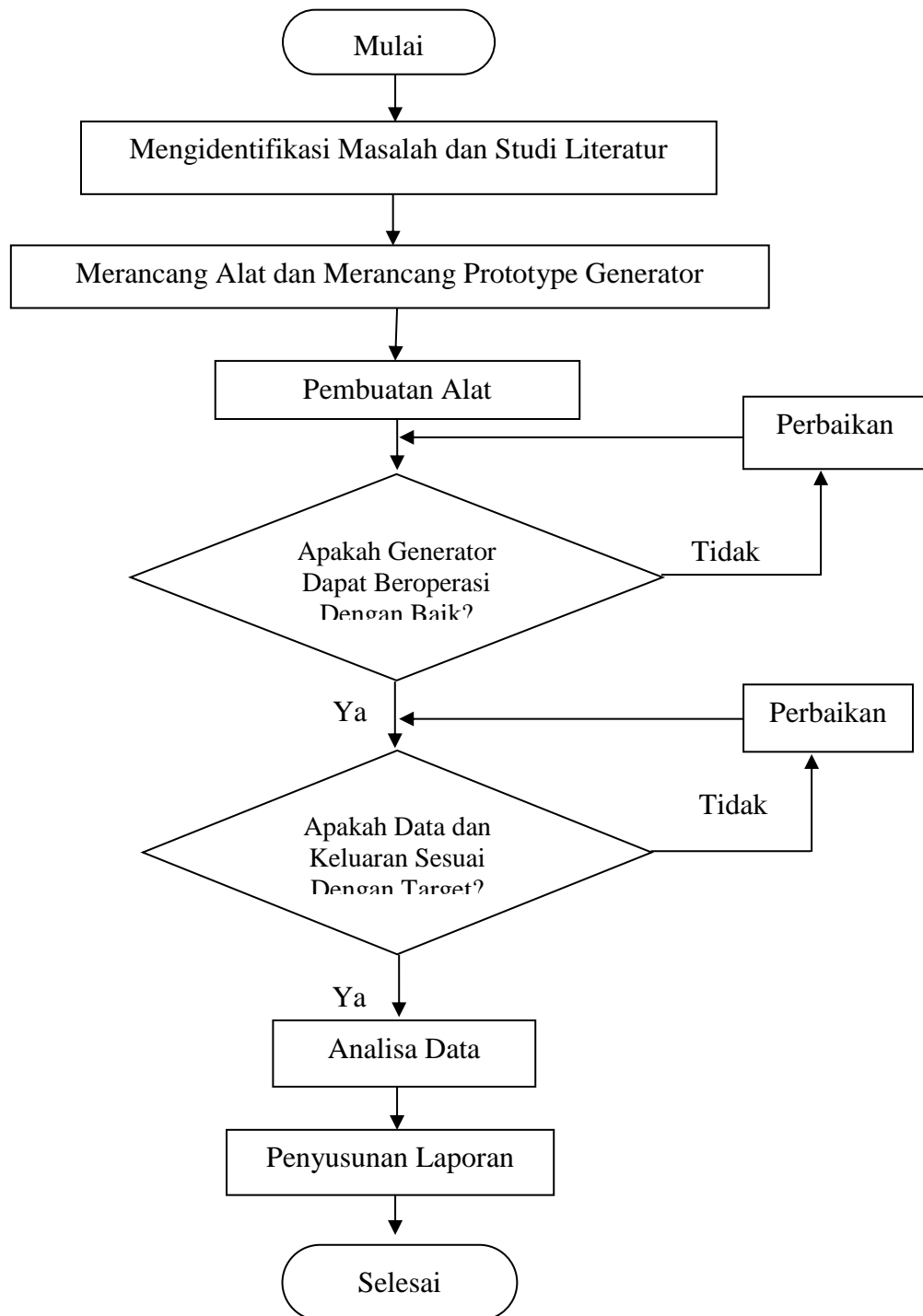
d. Pengujian Alat

Pengujian alat bertujuan agar dapat mengetahui hasil alat yang telah dikerjakan. Pengujian alat dikerjakan dengan membandingkan hasil penelitian dengan target yang direncanakan, jika alat belum mencapai target yang telah direncanakan maka akan diperbaiki lagi sampai alat ini dapat mencapai hasil yang direncanakan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan satu buah lampu LED 3W dan pengujian tanpa beban.

e. Analisa Data

Analisa data dilakukan setelah data yang didapat dari percobaan untuk dibandingkan dengan data yang didapatkan dari studi literature. Hasil analisa harus cocok dengan data yang diperoleh dari percobaan alat. Tahapan percobaan ini dapat diketahui pada flowchart penelitian.

2.3 Flowchart Penelitian

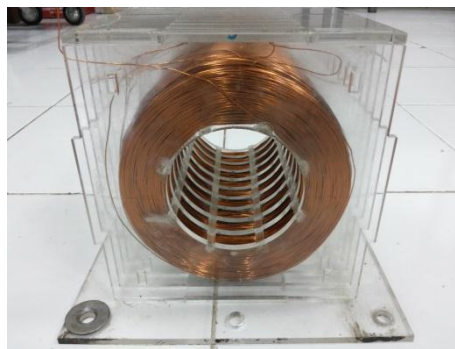


Gambar 1. Flowchart Penelitian

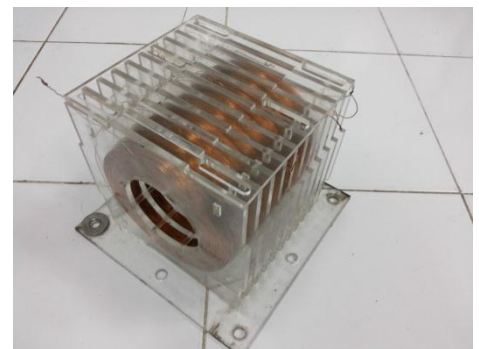
Desain stator dan rotor dari generator linier ini masih sama dengan desain yang digunakan pada penelitian sebelumnya namun terdapat perubahan pada sisi spesifikasi materialnya. Stator yang sebelumnya didesain dengan menggunakan akrilik ukuran 50mm sebanyak 6 slot ditambahkan menjadi 10 slot agar dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar. Kawat tembaga yang digunakan juga diperbesar diameternya menjadi 0,6mm dari yang sebelumnya 0,4mm. Pembuatan rotor menggunakan magnet tipe neodymium yang memiliki tingkat kuat magnetiknya yang paling besar dibandingkan tipe magnet lainnya sebanyak 40 buah, hal ini bertujuan agar dapat menghasilkan fluks magnetik yang besar dan berbanding lurus dengan nilai tegangan keluaran. Pengujian desain generator linier ini akan menggunakan lampu LED dengan daya masing-masing 3W dan 11W.



Tampak samping



Tampak depan



Tampak atas

Gambar 2. Desain Stator



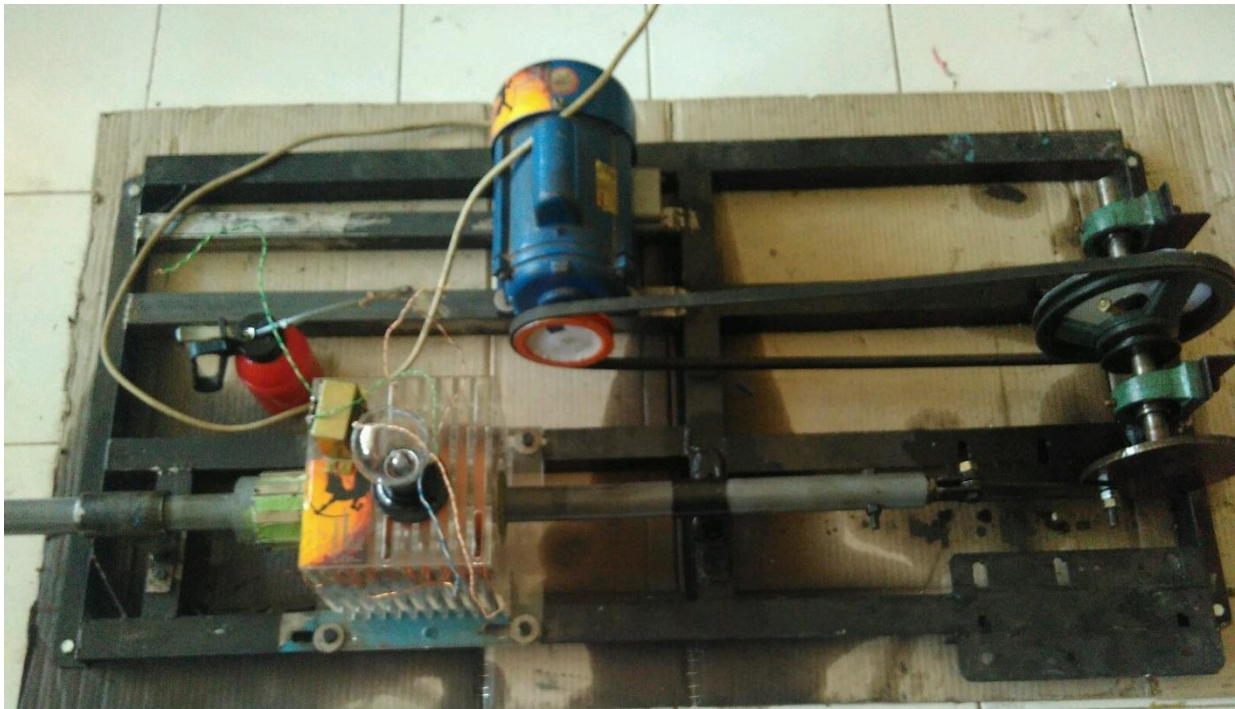
Tampak samping



Tampak atas

Gambar 3. Desain Rotor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Generator linier

Penelitian dan percobaan ini bertujuan untuk mengetahui keluaran tegangan generator linier magnet permanen neodymium. Proses pembuatan belitan stator dilakukan dengan melilit manual hingga jumlah 500 belitan. Arah belitan dibuat satu arah untuk semua slot belitan. Sambungan belitan antara satu slot dengan yang lain dicari manual untuk menemukan tegangan keluaran paling optimal dari generator. Desain generator linier dapat dilihat pada gambar 4.

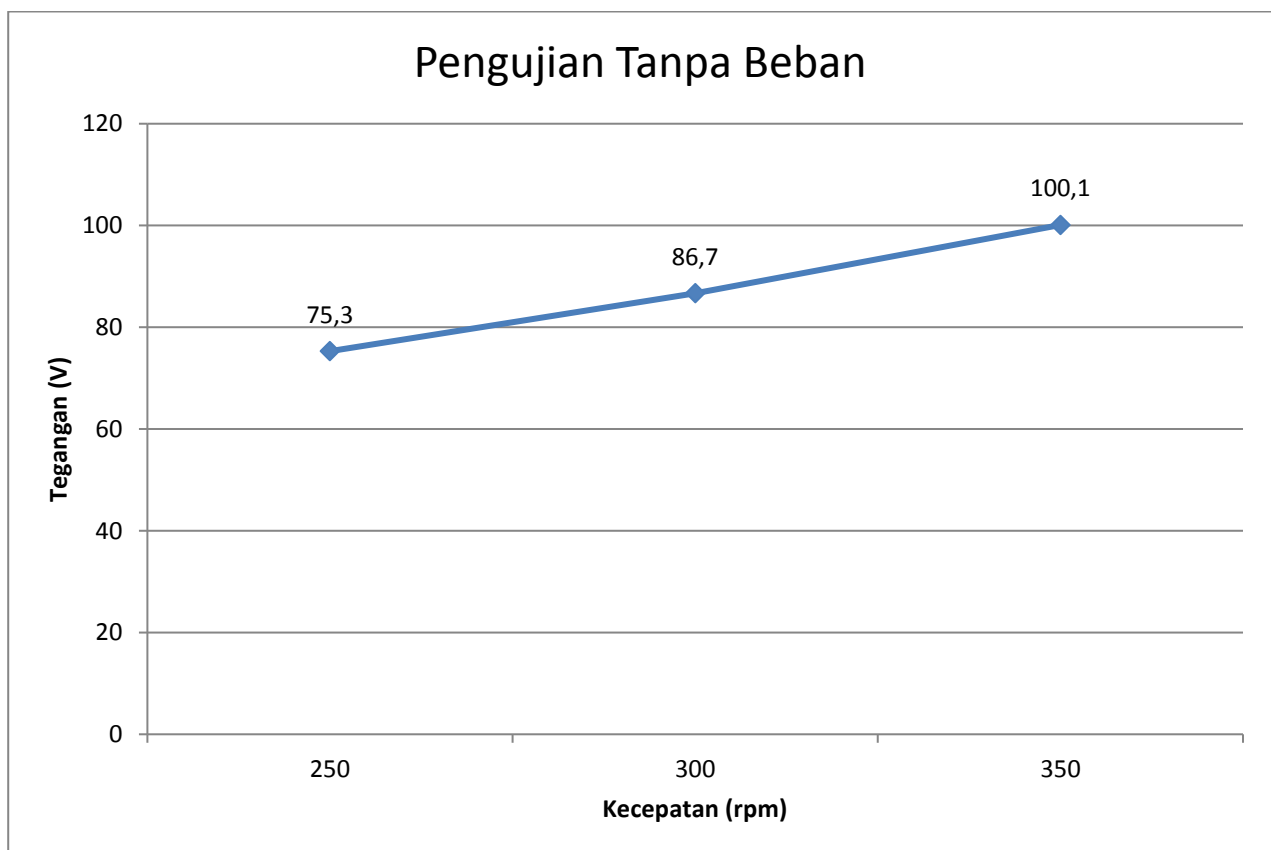
Motor induksi 1 fasa $\frac{1}{4}$ PK digunakan untuk pengujian generator. Motor induksi tersebut digunakan sebagai penggerak generator linier. Motor akan dihubungkan ke roda piston yang akan mengkonversi gerakan berputar motor menjadi gerakan maju mundur pada rotor generator linier sehingga magnet pada rotor dapat memotong medan magnet pada stator sehingga menimbulkan tegangan listrik pada belitan. Tegangan keluaran generator ini dinaikan menggunakan trafo step up untuk memperbesar nilai tegangan keluaran generator. Pengujian generator dilakukan dengan menggerakkan rotor dengan kecepatan mulai 250, 300 dan 350rpm. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan generator tanpa beban untuk mendapatkan tegangan keluaran maksimal dan dengan beban lampu LED 3W dan 11W untuk mengetahui besar daya yang dihasilkan generator.

3.1 Pengujian Tanpa Beban

Pengujian generator tanpa beban ini dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran maksimal yang mampu dihasilkan generator.

Tabel 1. Hasil pengujian generator tanpa beban

Kecepatan (rpm)	Tegangan (V)
250	75,3
300	86,7
350	100,1



Gambar 5. Grafik pengujian generator tanpa beban

Hasil pengujian generator tanpa beban yang ditunjukkan dari tabel dan grafik menunjukkan nilai tegangan keluaran generator yang mengalami kenaikan berbanding lurus dengan kecepatan rotor. Generator menghasilkan tegangan paling rendah sebesar 75,3V pada kecepatan 250rpm dan mengalami kenaikan seiring penambahan kecepatan motor. Tegangan keluaran generator mencapai nilai tegangan maksimum sebesar 100,1V saat kecepatan 350rpm.

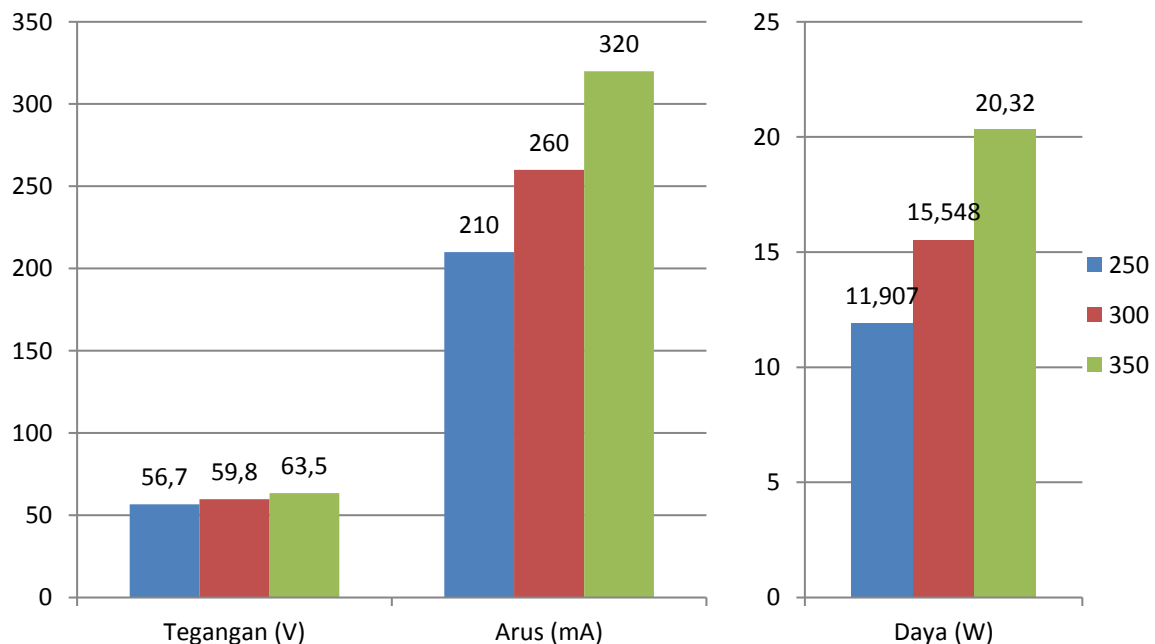
3.2 Pengujian Generator Dengan Beban

Pengujian generator berbeban dilakukan untuk mengetahui besar daya yang mampu dihasilkan generator. Pengujian generator dilakukan dengan memberikan beban pada keluaran generator sebesar 3W dan 11W (lampu LED 3W 2 buah dan 5W 1 buah). Besar faktor daya lampu LED yang digunakan sebesar 1 ($\cos \phi = 1$).

Tabel 2. Hasil pengujian generator dengan beban LED 3W

Kecepatan (rpm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)	Frekuensi (Hz)
250	56,7	210	11,907	32,6
300	59,8	260	15,548	35,1
350	63,5	320	20,32	38,8

Pengujian dengan beban 3W

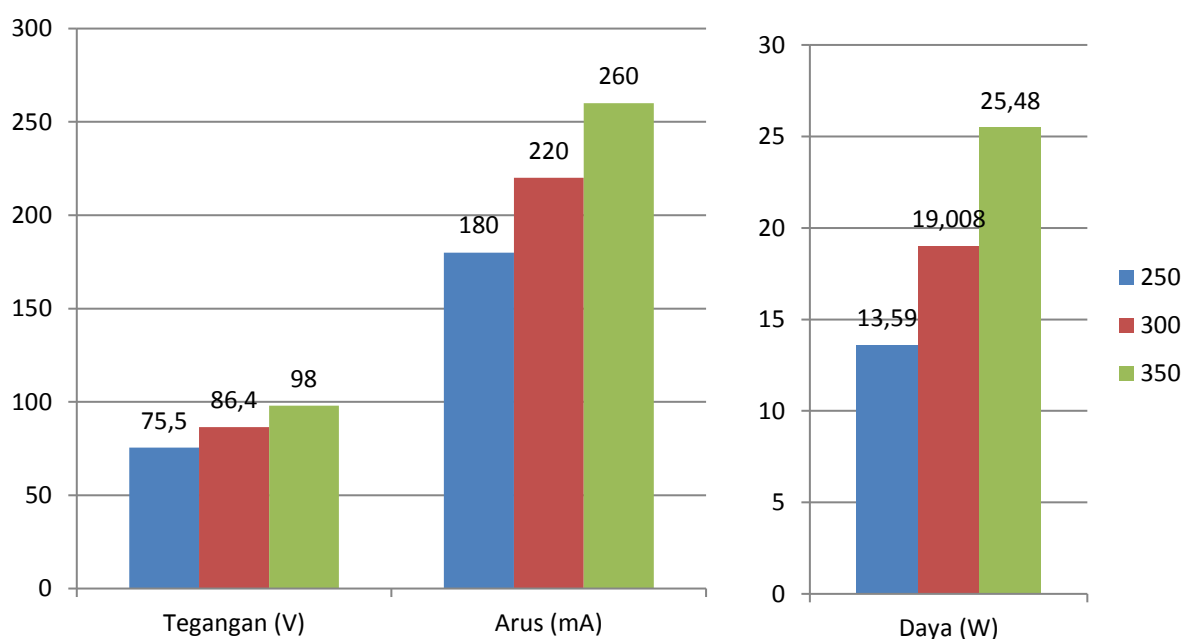


Gambar 6. Grafik pengujian generator beban 3W

Tabel 3. Hasil pengujian generator dengan beban LED 11W

Kecepatan (rpm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)	Frekuensi (Hz)
250	75,5	180	13,59	31,2
300	86,4	220	19,008	33,4
350	98	260	25,48	35,9

Pengujian dengan beban 11W

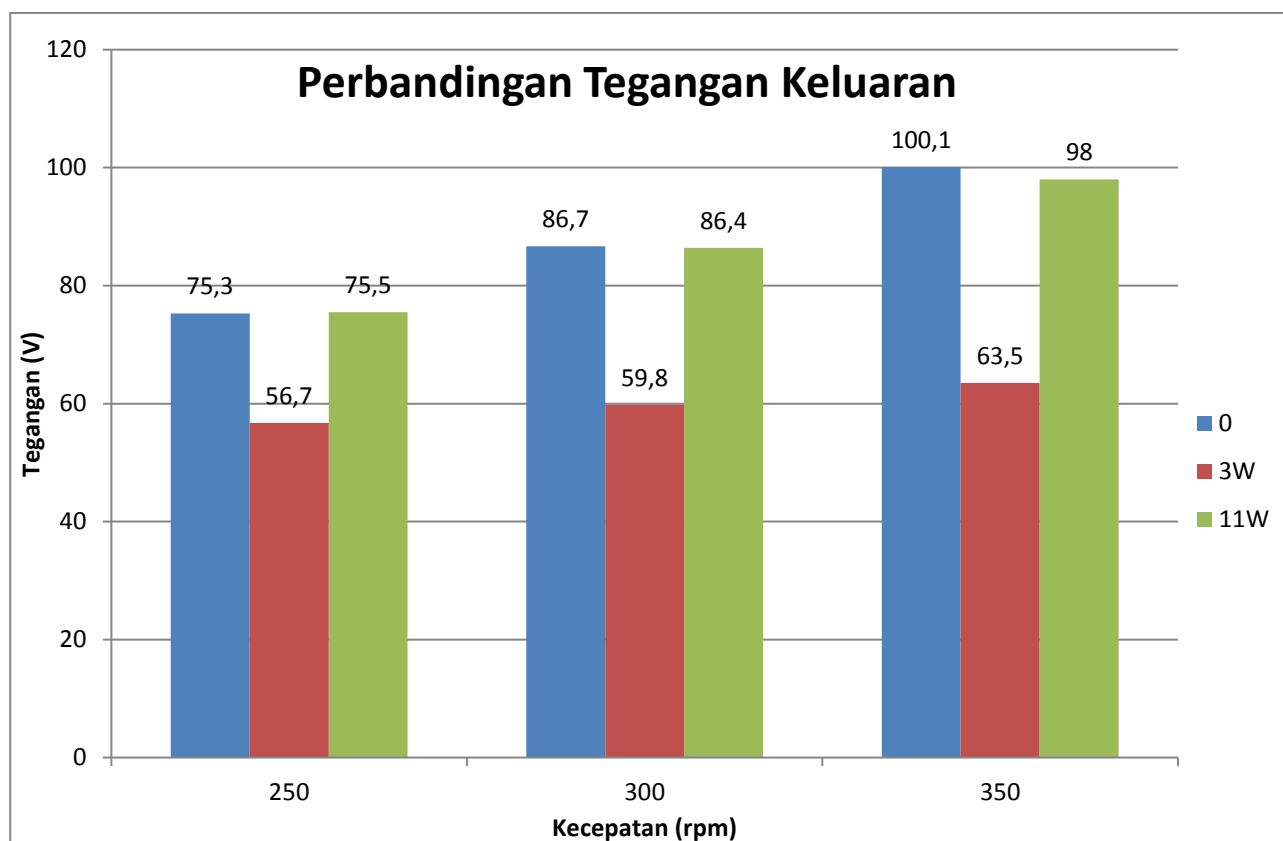


Gambar 6. Grafik pengujian generator beban 11W

Pada pengujian generator dengan beban, dihasilkan nilai tegangan yang menurun jika dibandingkan dengan pengujian tanpa beban. Besarnya beban mempengaruhi nilai tegangan generator. Pada kecepatan 250rpm, pada pembebanan 3W generator menghasilkan tegangan keluaran minimum sebesar 56,7V. Sedangkan pada pembebanan 11W, tegangan menjadi 75,5V. Ketika kecepatan rotor dinaikkan menjadi 350rpm, tegangan keluaran mengalami kenaikan. Pembebanan 3W menghasilkan tegangan maksimum 63,5V sedangkan pembebanan 11W menghasilkan 98V. Nilai arus yang dihasilkan generator juga dipengaruhi kecepatan rotor. Kecepatan 250rpm menghasilkan arus sebesar 210mA pada beban 3W dan 180mA pada beban 11W. Arus maksimal saat motor dinaikkan menjadi 350rpm sebesar 320mA pada beban 3W dan 260mA pada beban 11W.

Tabel 4. Perbandingan tegangan keluaran tanpa dan dengan beban

Kecepatan (Rpm)	Tanpa beban	Beban 3W	Beban 11W
250	75,3	56,7	75,5
300	86,7	59,8	86,4
350	100,1	63,5	98



Gambar 8. Grafik perbandingan tegangan keluaran

Besarnya beban mempengaruhi nilai tegangan generator. Pada kecepatan 250rpm, pada pembebanan 3W generator menghasilkan tegangan minimum keluaran sebesar 56,7V. Sedangkan pada pembebanan 11W, tegangan menjadi 75,5V. Ketika kecepatan rotor dinaikkan menjadi 350rpm, tegangan maksimum keluaran mengalami kenaikan. Pembebanan 3W menghasilkan tegangan 63,5V sedangkan pembebanan 11W menghasilkan 98V.

4. PENUTUP

Desain generator linier ini sebenarnya sama dengan desain generator pada umumnya. Gerakan rotor pada generator yang biasanya bergerak secara rotasi namun pada generator linier ini gerakan rotor dibuat maju mundur (linier). Banyak faktor yang digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan variabel yang sesuai. Penggunaan jenis magnet, gap udara atau celah antara rotor dan stator, diameter lilitan, jenis belitan, dan kecepatan putar rotor. Kuat medan magnetik akan mempengaruhi nilai fluks magnetik yang ditimbulkan, sehingga penggunaan magnet jenis neodymium digunakan pada desain ini untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan.

Pengujian generator linier ini dilakukan dengan 3 percobaan yaitu pengujian tanpa beban, pengujian dengan beban lampu LED 3W, dan pengujian dengan beban lampu LED 11W. Pada pengujian tanpa beban dengan kecepatan 250rpm didapatkan nilai tegangan sebesar 75,3V, 300rpm sebesar 86,7V, 350rpm sebesar 100,1V, dengan kenaikan rata-rata sebesar 12,4V setiap kecepatan 50rpm. Pada pengujian dengan menggunakan lampu LED 3W didapatkan nilai tegangan saat kecepatan 250rpm sebesar 56,7V, 300rpm sebesar 59,8V, 350rpm sebesar 63,5V sehingga nilai efisiensi tegangannya masih tinggi yaitu sekitar 99%. Pengujian yang ketiga dengan menggunakan lampu LED 11W didapatkan nilai tegangan saat kecepatan 250rpm sebesar 75,5V, 300rpm sebesar 86,4V, 350rpm sebesar 98V sehingga nilai efisiensi tegangannya rata-rata sebesar 68%.

Nilai tegangan keluaran generator tanpa beban ketika pengujian lebih besar jika dibandingkan dengan pengujian generator dengan beban. Drop tegangan ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Drop tegangan pada penghantar semakin besar jika arus di dalam penghantar semakin besar. Maka, semakin besar beban yang diberikan pada generator, semakin besar nilai arusnya dan semakin besar pula nilai drop tegangan keluaran generator.

Semakin besar beban yang terpasang maka nilai drop tegangannya akan besar sehingga nilai efisiensinya semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh adanya rangkaian resistif-induktif pada beban lampu LED sehingga timbul rugi-rugi tembaga pada beban. Frekuensi yang dihasilkan generator linier ini berbanding lurus dengan kecepatan rotor, sehingga nilai frekuensi juga berpengaruh terhadap nilai tegangan keluaran.

Penulis berharap pada penelitian selanjutnya generator linier ini dapat dikembangkan kembali sehingga tegangan yang dihasilkan dapat semakin besar. Desain generator dibuat lebih kuat agar kecepatan putar rotor lebih tinggi. Kecepatan putar rotor pada generator linier ini masih sebatas rpm rendah karena desain masih kurang kokoh.

PERSANTUNAN

Selama penyusunan tugas akhir ini penulis mendapat dukungan, dan saran serta bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan tulus ikhlas dan kerendahan hati penulis mengucapkan rasa terima kasih sebesar – besarnya kepada:

1. Kepada Allah SWT telah diberikan kesempatan untuk mengerjakan Tugas Akhir ini
2. Kedua Orang tua serta keluarga yang telah mendoakan, memberi semangat dan motivasi sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Umar, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Hasyim Asy'ari S.T., M.T. selaku Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak dan Ibu dosen atas kesedianya membimbing dan memberikan waktunya kepada penulis selama belajar di Teknik Elektro.
7. Teman- teman Teknik Elektro 2012 semoga tetap terjaga hubungan kekeluargaan ini dengan baik.
8. Program Penelitian RPPS yang melalui Prodi Teknik Elektro yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini.
9. Seluruh pihak yang telah banyak membantu penulis mengucapkan banyak terima kasih dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Marsudi,D.(2005).Pembangkit Energi Listrik.ERLANGGA.Jakarta
- Neidle., M. (1991). Optimal design of permanent magnet flux switching generator for wind applications via artificial neural network and multi-objective particle swarm optimization hybrid approach. *Energy Conversion and Management*, 110, 230-239.
- Ritz,R.A.,&Murthy,S.S.,(2016).Renewableenergygeneratorsandcontrol.*Energy*,60,237-289.
- Stubberdgar, H., & Lopez, B. (2014).Decision support for grid-connected renewable energi generators planning. *Energy*,155,577-590.
- Wang, Y. (2015). Performance evaluation and parametric optimum design of an updated thermionic-thermoelectric generator hybrid system. *Energy*. 90. 1575-1583.